

Н. М. ШВАРЦЕВА

СУРЬМА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ КАДАМДЖАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 2 XI 1971)

Известно, что сурьма в водных растворах подвержена процессам гидролиза, с чем связано ее осаждение из вод в виде гидроокисей. Это свойство сурьмы наряду со значительной устойчивостью ее основного минерала — антимонита послужило причиной того, что сурьма считается слабомигрирующим элементом в условиях зоны гипергенеза (^{1, 2}). Тем не менее в результате гидрогеохимических исследований последних лет установлено, что в определенных условиях сурьма широко распространена в подземных водах, а ее концентрация в некоторых случаях достигает высокого уровня. Так, содержание ее в водах рудных месторождений составляет: для Раздолинского сурьмяного до 1030 мкг/л, ряда полиметаллических до 90 мкг/л (³), Хараджульского медно-кобальтового до 3,5 мкг/л (⁴) и т. д.

Есть также указания на широкое распространение сурьмы в небольших количествах в грунтовых водах, не связанных с месторождениями полезных ископаемых (⁵⁻⁷). В реках американского континента содержание сурьмы в среднем составляет 1,4 мкг/л (⁸). Наиболее высокие ее концентрации, от 100 до 400 мкг/л (⁹), обнаружены в термальных сероводородных источниках и в подземной соленой воде оз. Сёрлс (Калифорния) — до 5000 мкг/л (¹⁰). Это свидетельствует о необходимости изучения поведения сурьмы в водах и возможности ее использования при поисках сурьмяных месторождений гидрогеохимическим методом.

С этой целью нами было проведено изучение распределения сурьмы в поверхностных, трещинно-карстовых водах и водах зон тектонических нарушений Кадамджайского сурьмяного месторождения. Анализы проб воды на определение сурьмы проведены в Центральной лаборатории Министерства геологии УзССР в г. Ташкенте и в проблемной геологической

Таблица 1

Содержание сурьмы в водах Кадамджайского сурьмяного месторождения

Место отбора проб	Тип вод	pH	t, °C	SO ₄ ²⁻ , мг/л	M, г/л	Sb, мкг/л
Источник вне зоны минерализации	HCO ₃ Ca	7,5	12	30	0,20	128
Источник термальный, Джидалик, 21°	То же	7,5	21	40	0,40	28
р. Шахимардан, вне зоны минерализации	» »	7,0	12	50	0,29	61
р. Шахимардан, в 3 км вниз от месторождения	» »	7,1	12,8	90	0,34	240
Скв. № 48, гор. 960	SO ₄ Na	7,5	18,5	770	1,50	354
Источник на контакте с рудоносной брекчий, гор. 960	То же	7,4	19	752	1,3	3540
Источник из рудоносной брекчий, гор. 960	» »	7,5	19	997	1,8	3200
Зона окисления, капелж	» »	7,5	19	1791	2,8	5750
Неокисленные руды, ист. 10, гор. 960	» »	7,8	19	7637	11,2	5750
Скв. № 28, гор. 960	» »	7,4	19	770	1,9	1190

лаборатории Томского политехнического института амальгамно-полярнографическим методом Е. М. Малькова (¹¹). Чувствительность определения сурьмы равна 0,01 мкг/л.

Рассматриваемое месторождение приурочено к контакту известняков и сланцев среднего палеозоя. Рудоносными являются окварцованные известняки и роговиковые брекчии. Главный рудный минерал месторождения представлен антимонитом, из вторичных присутствуют кермезит, сенармонит, валентинит и гидросенармонит. В пределах месторождения известняки сильно закарстованы, что создает благоприятные условия для гидравлической связи в отдельных водоносных горизонтах. Это, в свою очередь, способствует формированию вод изменчивого химического состава, общая минерализация которых колеблется от 0,2 до 3,5 г/л. Непосредственно в пределах месторождения минерализация вод несколько возрастает за счет увеличения содержания сульфат-иона, образующегося при окислении сульфидов. Однако кислых вод в пределах месторождения не встречено (рН 6,8–8,4), что объясняется достаточно интенсивным водообменом и наличием нейтрализующих карбонатных пород.

Сурьма обнаружена во всех исследованных нами водах в достаточно больших количествах (табл. 1). При этом четко намечается различие ее содержаний в водах, связанных и не связанных с рудной минерализацией: если в первых содержания сурьмы нигде не превышают 128 мкг/л, то во вторых достигают 5750 мкг/л, составляя в среднем 2845 мкг/л.

Интересно отметить, что воды отработанных штреков зоны окисления и действующих выработок в неокисленных рудах идентичны по содержанию сурьмы. Это, видимо, обусловлено смешением различных типов вод, но возможно, что причина такого явления заключается в особенностях миграции сурьмы. В этой связи заслуживает внимания то, что наиболее высокие содержания сурьмы вне пределов зоны окисления обнаружены в слабощелочных и солоноватых водах, содержащих сероводород. Этот факт может быть объяснен только наличием в воде комплексных соединений сурьмы, препятствующих ее гидролизу. Пока формы таких соединений остаются мало изученными. Так, Н. В. Шемякин (¹²) считает, что сурьма в нейтральной среде мигрирует в основном в виде HSbO_2 , а в щелочной — в виде HSbO_2^- и SbO_2^- . Однако в его расчетах не учитывается наличие в природных водах таких сильных комплексообразователей, как ионы Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , органические вещества и др., которые, видимо, и определяют ее устойчивость в водных растворах. Формирующиеся при этом комплексные соединения сурьмы имеют предположительно отрицательный заряд.

Об этом свидетельствуют и результаты фазового анализа сурьмы, проведенного по методике Е. М. Малькова. Фазовому анализу были подвергнуты пробы воды с рН 7,2–7,8 и общей минерализацией 0,4–2,0 г/л, с содержанием сурьмы 50–5000 мкг/л. Полученные результаты показали присутствие в воде в основном отрицательных форм сурьмы в среднем 75%, что говорит о преимущественно анионной форме ее миграции, вероятно в составе воднорастворимых комплексных соединений.

Таким образом, высокие содержания сурьмы, обнаруженные в нейтральных и слабощелочных водах Кадамджайского месторождения, свидетельствуют об интенсивной растворимости в определенных условиях антимонита, возможно под влиянием автотрофных организмов, недавно обнаруженных в пределах этого месторождения Н. Н. Ляlikовой (¹³). Это, в свою очередь, способствует значительному выносу сурьмы за пределы

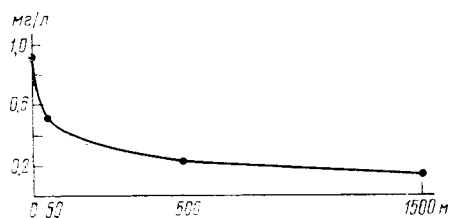


Рис. 1. Изменение содержания сурьмы в р. Шахмардан по мере удаления ее от рудной залежи

месторождения с образованием водных потоков рассеяния, обнаруженных в р. Шахимардан. В последней содержания сурьмы при удалении от месторождения постепенно падают (рис. 1). Размер формирующихся водных потоков рассеяния достигает 1,5 км.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости пересмотра укоренившихся мнений о поведении сурьмы в условиях зоны гипергенеза.

В заключение автор считает приятным долгом поблагодарить В. Ф. Скрыбина и Е. М. Мазькова за помощь в производстве анализов, а также проф. П. А. Удодова за полезное руководство.

Томский политехнический институт
им. С. М. Кирова

Поступило
28 X 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. И. Перельман, Геохимия эпигенетических процессов, М., 1968. ² С. С. Смирнов, Зона окисления сульфидных месторождений, Изд. АН СССР, 1955. ³ К. М. Давлетгалиева, И. Г. Дивеев, В кн. Гидрогеохимия и гидротермия подземных вод Казахстана, Алма-Ата, 1969. ⁴ П. А. Удодов, И. П. Онуфриенко, Ю. С. Парильов, Опыт гидрогеохимических исследований в Сибири, М., 1962. ⁵ Н. М. Шварцева, Изв. Томск. политехнич. инст., 217 (1971). ⁶ Г. А. Вострокнутов, Разведка и охрана недр, № 10 (1962). ⁷ С. Л. Шварцев, Геология и геофизика, № 7 (1965). ⁸ D. P. Kharkar, K. K. Turekian, K. K. Bertine, Geochim et cosmochim. acta, 32, 3 (1968). ⁹ Д. Е. Уайт, Сборн. Геохимия современных поствулканических процессов, М., 1965. ¹⁰ С. И. Смирнов, Бюлл. МОИП, отд. геол., № 3 (1967). ¹¹ А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколов, Методы анализа природных вод, 1970. ¹² Н. В. Шемякин, В кн. Гидрогеохимические и гидрогеологические методы поисков полезных ископаемых, Л., 1967. ¹³ Н. Н. Ляликова, ДАН, 176, № 6, 1432 (1967).